



GB/03/4472

#2

# Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2

REC'D 29 DEC 2003

WIPO PCT

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

Invenzione Industriale

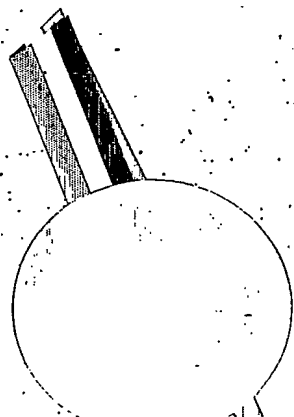
MI2002 A 002190



Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

na, il 4 NOV. 2003



IL DIRIGENTE

*Elena Marinelli*

Sig.ra E. MARINELLI

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA  
DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione Marconi Communications Limited  
Residenza Goventry (GB) codice \_\_\_\_\_

2) Denominazione \_\_\_\_\_  
Residenza \_\_\_\_\_ codice \_\_\_\_\_

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome FARAGGIANA Vittorio ed altri cod. fiscale \_\_\_\_\_  
denominazione studio di appartenenza Ingg. Guzzi e Ravizza s.r.l.  
via V. Monti n. 118 città MILANO cap 20129 (prov) MI

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_ città \_\_\_\_\_ cap \_\_\_\_\_ (prov) \_\_\_\_\_

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci) \_\_\_\_\_ gruppo/sottogruppo \_\_\_\_\_

"FIBRE DROGATE CON ERBIO"

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA \_\_\_\_\_ N° PROTOCOLLO \_\_\_\_\_

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

1) DI MURO Rodolfo 3) \_\_\_\_\_  
2) FELLA Paolo 4) \_\_\_\_\_

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato  
S/R

1) NESSUNA  
2) \_\_\_\_\_

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA  
N. es.

Doc. 1) 2 PROV n. pag. 32 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare) \_\_\_\_\_  
Doc. 2) 2 PROV n. tav. 01 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare) \_\_\_\_\_  
Doc. 3) 0 XXis lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale \_\_\_\_\_  
Doc. 4) 1 RIS designazione inventore \_\_\_\_\_  
Doc. 5) 1 RIS documenti di priorità con traduzione in italiano \_\_\_\_\_  
Doc. 6) 1 RIS autorizzazione o atto di cessione \_\_\_\_\_  
Doc. 7) 1 nominativo completo del richiedente \_\_\_\_\_

8) attestati di versamento, totale lire euro DUECENTONOVANTUNO/80 (291,80) obbligatorio

COMPILATO IL 15/10/2002 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I) \_\_\_\_\_ p.i. \_\_\_\_\_

CONTINUA S/NO NO Ingg. Guzzi e Ravizza

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA S/NO SI

per se e per gli altri

C.C.I.A.A.  
UFFICIO PROVINCIALE IND. COMM. ART. DI

MILANO

codice 15

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA

MI2002A 002190

Reg. A

L'anno millesimo DUEMILADUE

il giorno QUINDICI

del mese di OTTOBRE

Il (I) richiedente (I) sopraindicato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraindicato.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

IL RAPPRESENTANTE PUR INFORMATO DEL CONTENUTO

DELLA CIRCOLARE N. 423 DEL 01.08.2001 EFFETTUA IL DEPOSITO CON RISERVA  
DI LETTERA DI INCARICO.

IL DEPOSITANTE

L'UFFICIALE ROGANTE

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE, DESCRIZIONE E RIVENDICAZIONE

NUMERO DOMANDA

MI2002A 002190

REG. A

DATA DI DEPOSITO

15/10/2002

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

/ / /

B. TITOLO

**"FIBRE DROGATE CON ERBIO"**

L. RIASSUNTO

Un metodo per produrre segnali di luce verde, comprendente l'accoppiare segnali di pompaggio generati da almeno una sorgente di pompaggio entro almeno una fibra drogata con erbio (EDF) che genera un assorbimento di stato fondamentale (GSA), e assorbimento di stato eccitato (ESA) in ioni di erbio della fibra EDF, che produce segnali di luce verde, in cui la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nella quale la probabilità di presenza di un assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di un assorbimento GSA nella fibra EDF.

La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm o nel campo di 960 nm.

Un amplificatore di fibre drogato con erbio (EDFA) (1) per amplificare segnali di trasferimento di traffico può essere pompato tramite segnali di luce verde prodotti con questo metodo. Può essere costruito un laser che genera segnali di luce verde, che comprende almeno una fibra EDF, accoppiata ad almeno una sorgente di pompaggio per ricevere segnali di pompaggio da essa, che provoca assorbimento GSA, e assorbimento ESA in ioni di erbio della fibra EDF, che genera segnali di luce verde, la maggioranza dei segnali di pompaggio avendo una lunghezza d'onda alla quale la probabilità di presenza di un assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

Alla pubblicazione viene allegata la Figura 1 dei disegni allegati.

M. DISEGNO

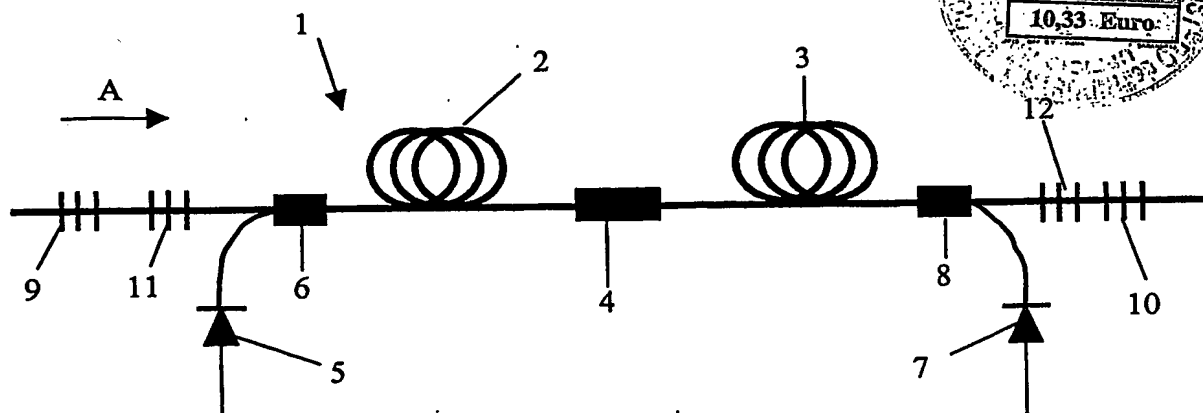
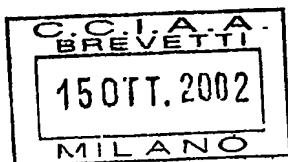


Fig. 1



MI 2002A 0 0 2 1 9 0

Ingg. GUZZI e RAVIZZA

- 2 -

“ Fibre drogate con erbio “

A nome: Marconi Communications Limited

Con sede a Coventry (Gran Bretagna)

\*\*\* \*\*

### DESCRIZIONE

L'invenzione si riferisce all'uso di fibre drogate con erbio per la produzione di segnali di luce verde, e in particolare all'uso di tali fibre drogate con erbio in amplificatori e laser.

Le fibre drogate con erbio (EDF) sono state usate in varie applicazioni per un certo periodo di tempo. In particolare le fibre EDF sono state usate in amplificatori nelle reti di telecomunicazioni. Tali amplificatori di fibre drogate con erbio (EDFA) amplificano i segnali di trasferimento di traffico nel campo delle lunghezze d'onda da approssimativamente 1520 nm ad approssimativamente 1610 nm, vale a dire mediamente a 1550 nm. L'amplificazione è ottenuta dall'interazione dei fotoni dei segnali di trasferimento di traffico con gli elettroni di ioni di erbio in uno stato metastabile, approssimativamente a 1550 nm superiore allo stato fondamentale degli ioni di erbio. L'interazione provoca l'emissione stimolata da parte di elettroni, che generano fotoni in fase con e di approssimativamente la lunghezza d'onda eguale a quelle dei segnali di trasferimento di traffico. Ciascun fotone nei segnali di trasferimento di traffico che interagisce in questo modo pertanto genera due fotoni, e si verifica l'amplificazione. Per l'amplificazione efficiente con il suddetto processo, i segnali di trasferimento di traffico devono incontrare una fibra EDF in cui un numero di ioni di erbio è nello stato metastabile maggiore che nello stato fondamentale. Questo viene ottenuto con un processo noto come pompaggio, nel quale i segnali provenienti da

una sorgente di pompaggio sono accoppiati nella fibra EDF, in cui essi sono assorbiti da elettroni di ioni di erbio nello stato fondamentale che popolano lo stato metastabile. Le lunghezze d'onda dei segnali di pompaggio di approssimativamente 980 nm o 1480 nm sono ampiamente usate, in quanto gli spettri di assorbimento delle fibre EDF hanno picchi attorno a queste lunghezze d'onda e sono disponibili sorgenti di pompaggio aventi queste lunghezze d'onda. Quando sono usati i segnali di pompaggio di 980 nm questi generano un assorbimento dello stato fondamentale (GSA) nella fibra EDF, vale a dire i segnali di pompaggio di 980 nm sono assorbiti da elettroni degli ioni di erbio nello stato fondamentale eccitandoli ad uno stato di pompaggio maggiore con successivo decadimento nello stato metastabile. In aggiunta all'assorbimento GSA dei segnali di pompaggio di 980 nm un altro processo, noto come assorbimento di stato eccitato (ESA), si verifica anche nella fibra EDF. In questo stato gli elettroni degli ioni di erbio nello stato di pompaggio assorbono segnali di pompaggio di 980 nm incrementando il loro stato fino agli stati maggiori eccitati dai quali essi decadono emettendo fotoni aventi lunghezze d'onda nel campo da approssimativamente 520 nm ad approssimativamente 560 nm, vale a dire segnali di luce verde. Tale assorbimento ESA è stato fino ad oggi considerato un effetto negativo, che genera una riduzione dell'efficienza di amplificazione nell'amplificatore EDFA riducendo la popolazione dello stato metastabile, e le condizioni dell'EDFA sono state scelte precedentemente per minimizzare questo effetto e pertanto la produzione di segnali di luce verde. Tuttavia è stato rilevato dagli inventori che tali segnali di luce verde prodotti con l'assorbimento ESA hanno un certo numero di applicazioni vantaggiose, vale a dire essi possono essere usati per ottenere un aumento dell'amplificazione dei segnali di trasferimento di traffico in un amplificatore

EDFA. L'invenzione pertanto propone il perfezionamento della produzione di segnali di luce verde in una fibra EDF, e applicazioni di tali segnali di luce verde. Secondo un primo aspetto dell'invenzione viene fornito un metodo per produrre segnali di luce verde, comprendente:

l'accoppiare segnali di pompaggio generati da almeno una sorgente di pompaggio in almeno una fibra drogata con erbio (EDF) che genera un assorbimento di stato fondamentale (GSA), e assorbimento di stato eccitato (ESA) in ioni di erbio della fibra EDF, che produce segnali di luce verde,

in cui la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nella quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

Secondo un secondo aspetto dell'invenzione viene fornito un dispositivo per produrre segnali di luce verde, comprendente:

almeno una fibra drogata con erbio (EDF), accoppiata ad almeno una sorgente di pompaggio per ricevere segnali di pompaggio da essa, che genera assorbimento di stato fondamentale (GSA), e assorbimento di stato eccitato (ESA) in ioni di erbio della fibra EDF, che genera segnali di luce verde,

la maggioranza dei quali segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nella quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

Con il termine segnali di luce verde, si intendono i segnali che hanno ciascuno una lunghezza d'onda che è inclusa nel campo da approssimativamente 520 nm ad approssimativamente 560 nm.

Selezionando tali lunghezze d'onda di segnali di pompaggio, la presenza di assorbimento ESA viene privilegiata rispetto alla presenza di assorbimento GSA

nella fibra EDF. Una volta che alcuni ioni di erbio allo stato fondamentale sono stati sottoposti all'assorbimento GSA, altri segnali di pompaggio incidenti verranno assorbiti nell'assorbimento ESA di questi ioni di erbio dello stato di pompaggio più probabilmente che nell'assorbimento GSA di altri ioni di erbio allo stato fondamentale. La presenza maggiore dell'assorbimento ESA genererà una produzione di segnali di luce verde maggiore rispetto a quella delle fibre EDF note. Come già indicato, è stato rilevato dagli inventori che i segnali di luce verde hanno un certo numero di applicazioni vantaggiose, e che la produzione di questi segnali è pertanto desiderabile.

Preferibilmente almeno il 60% dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda alla quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

Esiste un certo numero di lunghezze d'onda di segnali di pompaggio che può essere usato, per le quali la probabilità di presenza dell'assorbimento ESA entro la fibra EDF sarà maggiore della probabilità di presenza dell'assorbimento GSA entro le fibre EDF. La maggior parte dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm. La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda nel campo di 960 nm.

La probabilità di presenza (o sezione trasversale) dell'assorbimento GSA e la probabilità di presenza (o sezione trasversale) dell'assorbimento ESA in funzione degli spettri delle lunghezze d'onda delle fibre EDF ha un certo numero di campi di sezione trasversale maggiore, nella forma di picchi. Un picco della sezione trasversale dell'assorbimento GSA e un picco della sezione trasversale dell'assorbimento ESA si verificano assieme per un certo numero di lunghezze



d'onda particolari, con il picco della sezione trasversale dell'assorbimento ESA generalmente sfasato verso il basso nella lunghezza d'onda rispetto al picco della sezione trasversale dell'assorbimento GSA. Per esempio esiste un picco in entrambe la sezione trasversale di assorbimenti GSA ed ESA in funzione degli spettri di lunghezze d'onda nel campo di 980 nm. Per ciascuna serie di picchi di sezione trasversale GSA/ESA, a causa dello sfasamento verso il basso dell'assorbimento ESA, in una particolare lunghezza d'onda il lato superiore del picco ESA intersecherà il bordo inferiore del picco GSA, vale a dire esiste un punto di intersezione fra i picchi degli assorbimenti GSA ed ESA ad una lunghezza d'onda di intersezione.

La lunghezza d'onda di intersezione attuale varierà da fibra EDF ad altra fibra EDF e dipenderà, per esempio, dalla composizione della fibra EDF. Per le lunghezze d'onda inferiori alla lunghezza d'onda di intersezione, la sezione trasversale dell'assorbimento ESA sarà superiore alla sezione trasversale dell'assorbimento GSA, vale a dire l'assorbimento ESA sarà privilegiato rispetto a quello GSA per queste lunghezze d'onda. La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda inferiore alla lunghezza d'onda di intersezione di un punto di intersezione dei picchi di sezione trasversale di assorbimenti GSA e ESA della fibra EDF. Per la coppia di picchi della sezione trasversale di assorbimenti GSA/ESA nel campo di 980 nm, la lunghezza d'onda di intersezione può verificarsi fra 920 nm e 980 nm, in relazione, per esempio, alla fibra EDF, e la maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda in questo campo.

Una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad una fibra EDF di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi sulla sua

lunghezza in una prima direzione. Inoltre una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad una fibra EDF di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una seconda direzione, opposta alla prima direzione.

Due o più fibre EDF possono essere previste in una catena. Una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad una prima fibra EDF nella catena di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una prima direzione, e/o una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad almeno una fibra EDF nella catena di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in una seconda direzione, opposta alla prima direzione. La o ciascuna sorgente di pompaggio può/possono essere accoppiate ad una fibra EDF usando un accoppiatore di pompaggio.

La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono comprendere un diodo laser. La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono includere un laser di retroazione distribuito (DFB). La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono includere un laser di Fabry-Perot. Il o ciascuno o alcuni dei laser di Fabry-Perot può/possono emettere segnali di pompaggio aventi lunghezze d'onda nel campo da approssimativamente 940 nm ad approssimativamente 1000 nm. La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono emettere un valore di potenza nel campo da approssimativamente 50 mW ad approssimativamente 1 W, o valore superiore. Il valore della produzione di segnali di luce verde è direttamente proporzionale al valore di potenza di uscita della o di ciascuna sorgente di pompaggio.

Il metodo per produrre segnali di luce verde può includere la riflessione all'indietro nella fibra EDF di almeno alcuni segnali di pompaggio, che sfuggono dalla o

da ciascuna o da alcune delle fibre EDF. Questo può includere il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una prima estremità della o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF, e/o il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una seconda estremità della o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF. Due o più fibre EDF possono essere previste in una catena, e questa può includere il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una estremità esterna di una prima fibra EDF nella catena e/o il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una estremità esterna di almeno una fibra EDF nella catena. In una tale disposizione, il o ciascun riflettore/i di segnali di pompaggio può/possono includere parte di un dispositivo per generare segnali di luce verde, o possono essere disposti all'esterno del dispositivo. Il o ciascuno o alcuni dei riflettore/i di segnali di pompaggio può/possono riflettere segnali di pompaggio aventi lunghezze d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm. Il o ciascuno o alcuni dei riflettore/i di segnali di pompaggio può/possono includere un reticolo. Usando tali riflettori si aumenterà la produzione dei segnali di luce verde.

La o ciascuna o alcune delle fibra/e EDF possono avere la forma di una bobina di fibra. La o ciascuna o alcune delle fibra/e EDF può/possono avere droganti differenti, la concentrazione dei quali è scelta per perfezionare la presenza dell'assorbimento ESA e generano una produzione migliore dei segnali di luce verde rispetto a quella delle fibre EDF note. La o ciascuna o alcune delle fibra/e EDF possono avere una o più di una delle caratteristiche seguenti: picco di assorbimento ad approssimativamente 1530 nm per approssimativamente 6 dB/m – approssimativamente 8 dB/m, un diametro di campo di modo di approssimativamente 5,3  $\mu\text{m}$ , apertura numerica da approssimativamente 0,25 ad approssimativamente 0,29, un taglio nel campo da approssimativamente 850 nm ad appros-

simativamente 970 nm. La o ciascuna o alcune delle fibre EDF può/possono avere una lunghezza nel campo di approssimativamente 5 cm, per esempio con una concentrazione di droganti elevata o usando un differente materiale grezzo, ad approssimativamente 80 m, che possono dipendere dal coefficiente di assorbimento della fibra.

Secondo un terzo aspetto dell'invenzione viene fornito un metodo di amplificazione di segnali di trasferimento di traffico in un amplificatore di fibre drogate con erbio (EDFA), comprendente il pompaggio dell'amplificatore EDFA con segnali di luce verde prodotti con il metodo secondo il primo aspetto dell'invenzione.

Secondo un quarto aspetto dell'invenzione viene fornito un amplificatore di fibre drogate con erbio (EDFA) per amplificare segnali di trasferimento di traffico, che è pompato con segnali di luce verde prodotti con il metodo secondo il primo aspetto dell'invenzione.

L'assorbimento in funzione degli spettri di lunghezze d'onda delle fibre EDF ha un picco nel campo di 550 nm, che è maggiore del picco del campo di 980 nm.

Pertanto l'assorbimento dei segnali di luce verde generati da una fibra EDF sarà elevata e, in particolare, maggiore dell'assorbimento dei segnali di 980 nm.

Quando l'assorbimento ESA di 980 nm si verifica entro un amplificatore EDFA,

questo genera un certo numero di stati eccitati. Alcuni degli elettroni in questi stati decadranno nello stato fondamentale provocando spontaneamente la produzione di segnali di luce verde. Alcuni di questi segnali interagiranno con gli elettroni negli stati eccitati provocando il loro decadimento negli stati inferiori, vale a dire si verifica l'emissione stimolata, e questo genera la produzione di fotoni aventi lunghezze d'onda di approssimativamente 800 nm, 1480 nm e 1530 nm. I



fotoni di 800 nm e 1480 nm sono assorbiti dallo amplificatore EDFA e generano la popolazione dello stato metastabile (vale a dire si comportano come segnali di pompaggio) e successiva amplificazione dei segnali di trasferimento di traffico aventi lunghezze d'onda di circa 1550 nm. I fotoni di 1530 nm amplificano i segnali di trasferimento di traffico in un modo diretto. In tal modo si può rilevare che i segnali di luce verde, quando assorbiti in un amplificatore EDFA, forniranno un'amplificazione di segnali di trasferimento di traffico a circa 1550 nm. Nel pompaggio dell'amplificatore EDFA con i segnali di luce verde prodotti con il metodo del primo aspetto dell'invenzione, quando la produzione dei segnali di luce verde viene aumentata oltre quella che si potrebbe verificare nelle fibre EDF note, e quando l'assorbimento di tali segnali di pompaggio di luce verde nelle fibre EDF è superiore all'assorbimento degli altri segnali di pompaggio, per esempio di 980 nm, l'amplificazione prodotta dal suddetto metodo sarà superiore a quella degli amplificatori EDFA noti.

I segnali di luce verde possono essere prodotti sostanzialmente in posizione esterna agli amplificatori EDFA, e possono essere accoppiati nell'amplificatore EDFA. I segnali di luce verde possono essere prodotti usando uno o più dispositivi secondo il secondo aspetto dell'invenzione, accoppiati all'amplificatore EDFA. Un dispositivo può essere accoppiato ad una prima estremità dell'amplificatore EDFA, e/o un dispositivo può essere accoppiato ad una seconda estremità dell'amplificatore EDFA. L'EDFA può includere una o più fibre EDF. Uno o più dispositivi possono essere accoppiati alla o a ciascuna o ad alcune delle fibre EDF. Un dispositivo co-direzionale può essere accoppiato ad una fibra EDF, vale a dire i segnali di luce verde sono accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa nella stessa direzione dei segnali di trasferimento di traffico.

Inoltre o in alternativa, un dispositivo contro-direzionale può essere accoppiato ad una fibra EDF, vale a dire segnali di luce verde sono accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa nella direzione opposta ai segnali di trasferimento di traffico. L'amplificatore EDFA può includere due o più fibre EDF in una catena, e un dispositivo co-direzionale può essere accoppiato ad una prima fibra EDF nella catena, e/o un dispositivo contro-direzionale può essere accoppiato ad almeno una fibra EDF nella catena. Il o ciascun dispositivo può essere accoppiato ad una fibra EDF usando un accoppiatore.

I segnali di luce verde possono essere prodotti sostanzialmente entro l'amplificatore EDFA. Questo può comprendere il pompaggio nell'amplificatore EDFA da una o più sorgenti di pompaggio accoppiate all'amplificatore EDFA, nel quale la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda alla quale la probabilità di presenza dell'assorbimento ESA nell'amplificatore EDFA è superiore alla probabilità di presenza dell'assorbimento GSA nell'amplificatore EDFA. Preferibilmente almeno il 60% dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda alla quale la probabilità di presenza dell'assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza dell'assorbimento GSA nella fibra EDF. La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm. La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda nel campo di 960 nm. La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda inferiore alla lunghezza d'onda di intersezione di un punto di intersezione dei picchi di sezione trasversale degli assorbimenti GSA e ESA della fibra EDF. Una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad una prima estremità dell'amplificatore EDFA, e/o una sorgente di pompaggio può essere accoppiata

ad una seconda estremità dell'amplificatore EDFA. L'EDFA può includere una o più fibre EDF. Una o più sorgenti di pompaggio può/ possono essere accoppiata/e alla o a ciascuna o ad alcune delle fibre EDF. Una sorgente di pompaggio co-direzionale può essere accoppiata ad una fibra EDF, vale a dire i segnali di pompaggio sono accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa nella stessa direzione dei segnali di trasferimento di traffico. Inoltre o in alternativa una sorgente di pompaggio contro-direzionale può essere accoppiata ad una fibra EDF, vale a dire i segnali di pompaggio sono accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa nella direzione opposta ai segnali di trasferimento di traffico. L'amplificatore EDFA può includere due o più fibre EDF in una catena, e una sorgente di pompaggio co-direzionale può essere accoppiata ad una prima fibra EDF nella catena, e/o una sorgente di pompaggio contro-direzionale può essere accoppiata ad almeno una fibra EDF nella catena. La o ciascuna sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad una fibra EDF usando un accoppiatore di pompaggio. Usando una o più di tali sorgenti di pompaggio, alcuni dei segnali di pompaggio causeranno gli assorbimenti GSA, ESA e la produzione di segnali di luce verde, e la successiva amplificazione di segnali di trasferimento di traffico. Altri segnali di pompaggio genereranno l'assorbimento GSA e l'amplificazione dei segnali di trasferimento di traffico. I due processi di amplificazione cooperano reciprocamente generando un amplificatore EDFA con un'amplificazione anche maggiore di quella degli amplificatori EDFA noti.

La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono includere un diodo laser. La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono comprendere un laser di retroazione distribuito (DFB). La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono includere un laser di Fabry-Perot. Il o

ciascuno o alcuni dei laser di Fabry-Perot può/possono emettere segnali di pompaggio di uscita aventi lunghezze d'onda nel campo da approssimativamente 940 nm ad approssimativamente 100 nm. La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio possono emettere un valore di potenza nel campo da approssimativamente 50 mW ad approssimativamente 1 W, o valore superiore. Il valore della produzione dei segnali di luce verde e pertanto l'amplificazione sono direttamente proporzionali al valore di potenza di uscita della o di ciascuna sorgente di pompaggio.

Il metodo di amplificazione può includere la riflessione all'indietro entro l'amplificatore EDFA di almeno alcuni segnali di pompaggio che sfuggono dall'amplificatore EDFA. Questo può includere il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una prima estremità dell'amplificatore EDFA, e/o il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una seconda estremità dell'amplificatore EDFA. Il o ciascun riflettore di segnali di pompaggio può/possono includere una parte dell'amplificatore EDFA, o possono essere disposti all'esterno dell'amplificatore EDFA. L'amplificatore EDFA può includere una o più fibre EDF. La riflessione dei segnali di pompaggio può comprendere il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una prima estremità della o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF, e/o il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una seconda estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF. L'amplificatore EDFA può comprendere due o più fibre EDF in una catena. La riflessione dei segnali di pompaggio può comprendere il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in un'estremità esterna di una prima fibra EDF nella catena, e/o il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in un'estremità esterna di almeno una fibra EDF nella catena.



Il o ciascuno o alcuni dei riflettori di segnali di pompaggio può/possono riflettere i segnali di pompaggio aventi le lunghezze d'onda nel campo fra approssimativamente 920 nm ed approssimativamente 980 nm. Usando tali riflettori si aumenterà l'amplificazione dell'amplificatore EDFA. Il o ciascuno o alcuni dei riflettori di segnali di pompaggio può/possono includere un reticolo.

Il metodo di amplificazione può includere la riflessione all'indietro entro l'EDFA di almeno alcuni dei segnali di luce verde che sfuggono dall'amplificatore EDFA. Questo può includere il disporre un riflettore di segnali di luce verde in una prima estremità dell'amplificatore EDFA, e/o il disporre un riflettore di segnali di luce verde in una seconda estremità dell'amplificatore EDFA. Il o ciascun riflettore di luce verde può/possono includere parte dell'amplificatore EDFA, o può/possono essere disposti all'esterno dell'amplificatore EDFA. L'amplificatore EDFA può includere una o più fibre EDF. La riflessione dei segnali di luce verde può includere il disporre un riflettore di segnali di luce verde in una prima estremità della o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF, e/o il disporre un riflettore di segnali di luce verde in una seconda estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF. L'amplificatore EDFA può comprendere due o più fibre EDF in una catena. La riflessione dei segnali di luce verde può comprendere il disporre un riflettore di segnali di luce verde in un'estremità esterna di una prima fibra EDF nella catena, o/e il disporre un riflettore di segnali di luce verde in un'estremità esterna di almeno una fibra EDF nella catena. Il o ciascuno o alcuni dei riflettori di segnali di luce verde può/possono riflettere segnali aventi lunghezze d'onda nel campo fra approssimativamente 520 nm ed approssimativamente 560 nm. Il o ciascuno o alcuni dei riflettori di segnali di luce verde può/possono includere un reticolo. Usando tali riflettori si aumenterà

l'amplificazione dell'amplificatore EDFA.

Il metodo di amplificazione può anche comprendere sostanzialmente l'evitare che i segnali di luce verde siano trasmessi dall'amplificatore EDFA. Questo può includere il disporre almeno un riflettore di segnali di luce verde in un'estremità d'ingresso dell'amplificatore EDFA, e/o il disporre almeno un riflettore di luce verde in un'estremità di uscita dello amplificatore EDFA. Il o ciascun riflettore di segnali di luce verde può/ possono includere una parte dell'amplificatore EDFA, o può/possono essere disposti all'esterno dell'amplificatore EDFA. Questo ha un vantaggio maggiore quando l'amplificatore EDFA è preceduto o seguito in una rete da un elemento che verrebbe danneggiato se esso ricevesse segnali di luce verde.

L'amplificatore EDFA può includere una o più fibre EDF. In particolare, l'EDFA può includere due fibre EDF in una catena. Un tale EDFA pertanto avrà due stadi di amplificazione, una in ciascuna fibra EDF. Le fibre EDF possono essere collegate da uno stadio intermedio. Lo stadio intermedio può includere, per esempio, una spina od un accoppiatore o un separatore o un fotodiodo o un attenuatore ottico variabile o una fibra o un isolatore. La o ciascuna o alcune delle fibra/e EDF può/possono avere la forma di una bobina di fibra. La o ciascuna o alcune delle fibra/e EDF può/possono includere differenti droganti, la concentrazione dei quali è scelta per perfezionare la presenza dell'assorbimento ESA e generano una maggiore produzione dei segnali di luce verde rispetto a quella delle fibre EDF note. Le o ciascuna o alcune delle fibre EDF può/possono avere una o più delle caratteristiche seguenti: picco di assorbimento ad approssimativamente 1530 nm da approssimativamente 6 dB/m ad approssimativamente 8 dB/m, un diametro di campo di modo di approssimativamente 5,3  $\mu\text{m}$ , un'apertura numerica da ap-

prossimativamente 0,25 ad approssimativamente 0,29, un taglio nel campo da approssimativamente 850 nm ad approssimativamente 970 nm. La o ciascuna o alcune delle fibra/e EDF può/possono avere una lunghezza nel campo di approssimativamente 5 cm, per esempio con una concentrazione di drogante elevata o usando un differente materiale grezzo, ad approssimativamente 80 m, che può dipendere dal coefficiente di assorbimento della fibra. I segnali di luce verde verranno assorbiti in una fibra EDF in una estensione maggiore, per esempio, rispetto ai segnali di 980 nm. Per ottenere un'amplificazione desiderata in un amplificatore EDFA, la lunghezza della o di ciascuna fibra EDF può essere ridotta quando nell'amplificatore EDFA sono pompati segnali di luce verde, in raffronto alla lunghezza delle fibre EDF in un amplificatore EDFA in cui sono pompati segnali di 980 nm. Tali fibre EDF di lunghezza inferiore forniscono vantaggi maggiori per quanto riguarda dimensione, fabbricazione, manutenzione e costo, ecc. degli amplificatori EDFA in cui è pompata luce verde.

Gli amplificatori EDFA possono comprendere uno o più filtri di regolarizzazione del guadagno. L'amplificatore EDFA può comprendere uno o più isolatori. Questi possono permettere che i segnali di trasferimento di traffico li attraversino, ma possono impedire che segnali di emissione spontanea amplificati all'indietro (ASE) li attraversino.

I segnali di trasferimento di traffico possono avere lunghezze d'onda nella banda C, vale a dire approssimativamente da 1530 nm ad approssimativamente 1560 nm. L'amplificatore EDFA può comprendere un amplificatore EDFA in banda C. L'amplificatore EDFA in banda C può includere una o più bobine di fibra EDF, con una lunghezza che varia secondo il coefficiente di assorbimento della fibra EDF, per esempio essa può essere richiesta se il coefficiente di assorbimento è

nel campo da approssimativamente 6 dB/km ad approssimativamente 8 dB/km per bobine fino ad approssimativamente lunghezza di 80 m. I segnali di trasferimento di traffico possono avere lunghezze d'onda nella banda L, vale a dire da approssimativamente 1570 nm ad approssimativamente 1610 nm. L'amplificatore EDFA può includere un EDFA in banda L. L'EDFA in banda L può includere una o più bobine di fibra EDF, con una lunghezza che varia secondo il coefficiente di assorbimento della fibra EDF, per esempio essa può essere richiesta se il coefficiente di assorbimento è nel campo da approssimativamente 12 dB/km ad approssimativamente 15 dB/m di bobine fino ad una lunghezza di approssimativamente 40 m.

Secondo un quinto aspetto dell'invenzione viene fornito un laser che produce segnali di luce verde, comprendente:

almeno una fibra drogata con erbio (EDF), accoppiata ad almeno una sorgente di pompaggio per ricevere segnali di pompaggio da essa, che genera assorbimento di stato fondamentale (GSA), e assorbimento di stato eccitato (ESA) in ioni di erbio della fibra EDF, che genera segnali di luce verde,

la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nella quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

Preferibilmente, almeno il 60% dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda da alla quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm. La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda nel cam-



po di 960 nm. La maggioranza dei segnali di pompaggio può avere una lunghezza d'onda inferiore alla lunghezza d'onda di intersezione di un punto di intersezione dei picchi di sezione trasversale di assorbimenti GSA ed ESA della fibra EDF.

L'uso di tali sorgenti di pompaggio permetterà la generazione, nel laser, di una potenza di segnale di luce verde considerevole.

Una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad una fibra EDF di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una prima direzione. In aggiunta o in alternativa, una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad una fibra EDF di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una seconda direzione, opposta alla prima direzione. Il laser può comprendere due o più fibre EDF in una catena. Una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad una prima fibra EDF nella catena di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una prima direzione, e/o una sorgente di pompaggio può essere accoppiata ad almeno una fibra EDF nella catena di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una seconda direzione, opposta alla prima direzione. La o ciascuna sorgente di pompaggio può/possono essere accoppiate ad una fibra EDF del laser usando un accoppiatore di pompaggio.

La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono includere un diodo laser. La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono includere un laser di retroazione distribuito (DFB). La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio può/possono includere un laser di Fabry-Perot. Il o ciascuno o alcuni dei laser di Fabry-Perot può/ possono emettere segnali di pom-

paggio aventi lunghezze d'onda nel campo da approssimativamente 940 nm ad approssimativamente 1000 nm. La o ciascuna o alcune delle sorgenti di pompaggio possono emettere un valore di potenza nel campo da approssimativamente 50 mW ad approssimativamente 1 W, o valore superiore. Il valore della produzione di segnali di luce verde è direttamente proporzionale al valore di potenza di uscita delle o di ciascuna sorgente/i di pompaggio.

Il laser può essere fornito con mezzi per riflettere all'indietro entro il laser almeno alcuni segnali di pompaggio che sfuggono dal laser. Un riflettore di segnali di pompaggio può essere disposto in una prima estremità del laser, e/o un riflettore di segnali di pompaggio può essere disposto in una seconda estremità del laser. Il o ciascun riflettore di segnali di pompaggio può/possono includere una parte del laser, o possono essere disposti all'esterno del laser. Il laser può includere una o più fibre EDF, ed un riflettore di segnali di pompaggio può essere disposto in una prima estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF, e/o un riflettore di segnali di pompaggio può essere disposto in una seconda estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF. Il laser può comprendere due o più fibre EDF in una catena. Un riflettore di segnali di pompaggio può essere disposto su un'estremità esterna di una prima fibra EDF nella catena, e/o un riflettore di segnali di pompaggio può essere disposto in un'estremità esterna di almeno una fibra EDF nella catena. Il o ciascuno o alcuni dei riflettori di segnali di pompaggio può/possono riflettere segnali di pompaggio aventi lunghezze d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm. Il o ciascuno o alcuni dei riflettori di segnali di pompaggio può/possono includere un reticolo. L'uso di uno o più riflettori provocherà il rimbalzo dei segnali di pompaggio avanti e indietro lungo la lunghezza del/delle laser/fibra(e) EDF e

aumenterà la possibilità di assorbimento completo dei segnali di pompaggio e la successiva produzione di segnali di luce verde. L'uso di tali riflettori pertanto permetterà la generazione di una notevole potenza di segnali di luce verde nel laser, e aumenterà l'efficienza del laser.

La o ciascuna o alcune delle fibre EDF può/possono avere la forma di una bobina di fibra. La o ciascuna o alcune delle fibre EDF può/possono avere droganti differenti, la concentrazione dei quali è scelta per perfezionare la presenza dell'assorbimento ESA e generano una produzione dei segnali di luce verde migliore rispetto a quella delle fibre EDF note. La o ciascuna o alcune delle fibre EDF può/possono avere una o più di una delle caratteristiche seguenti: picco assorbimento ad approssimativamente 1530 nm da approssimativamente 6 dB/m ad approssimativamente 8 dB/m, un diametro di campo di modo di approssimativamente 5,3  $\mu\text{m}$ , apertura numerica da approssimativamente 0,25 ad approssimativamente 0,29, un taglio nel campo da approssimativamente 850 nm ad approssimativamente 970 nm. La o ciascuna o alcune delle fibre EDF possono avere una lunghezza nel campo di approssimativamente 5 cm, per esempio con una concentrazione di droganti elevata o usando un differente materiale grezzo, fino ad approssimativamente 80 m, che possono dipendere dal coefficiente di assorbimento della fibra. La o ciascuna o alcune delle fibre EDF possono avere una lunghezza di poche decine di centimetri. Usando tali lunghezze di fibre EDF corte si eviterà un indesiderato assorbimento dei segnali di luce verde entro il laser. La dimensione del laser può anche essere ridotta, in raffronto ai laser a luce verde noti. La dimensione del laser può essere nel campo di 50 mm x 50 mm x 20 mm. Il laser a luce verde proposto può includere una o più fibre EDF commercialmente disponibili, sorgenti di pompaggio, accoppiatori di pompaggio e reticoli. Un

tale laser può pertanto essere facilmente fabbricato, usato a sottoposto a manutenzione e avrà un costo basso. Questo è vero in raffronto ai laser a luce verde esistenti, che sono complessi e ingombranti, cosa che li rende difficili da usare e costosi. Il laser a luce verde dell'invenzione ha molte applicazioni vantaggiose. Per esempio un tale laser potrebbe essere usato per applicazioni di visualizzazione/rappresentazione di immagini, come in tubi a raggi catodici uniti a laser a luce rossa e blu, e potrebbe essere usato per pompare entro amplificatori EDFA segnali di luce verde.

Secondo un sesto aspetto dell'invenzione viene fornito un metodo per pompare in un amplificatore EDFA segnali di luce verde, comprendente:

l'accoppiare segnali di luce verde generati da un laser secondo il quinto aspetto dell'invenzione nell'amplificatore EDFA.

Le forme di realizzazione dell'invenzione verranno ora descritte a titolo di esempio solamente, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- La Figura 1 è una rappresentazione schematica di un amplificatore di fibre drogato con erbio secondo un quarto aspetto dell'invenzione, e
- La Figura 2 è una rappresentazione schematica di un laser secondo il quinto aspetto dell'invenzione.

La Figura 1 illustra un amplificatore di fibre drogato con erbio a due stadi (EDFA) 1, che amplifica i segnali di trasferimento di traffico che sono trasmessi lungo l'amplificatore EDFA nella direzione della freccia A. L'EDFA comprende una prima fibra (EDF) 2 e una seconda fibra EDF 3 drogata con erbio, ciascuna nella forma di una bobina della fibra. Le fibre EDF sono collegate da uno stadio intermedio 4. Una sorgente di pompaggio co-direzionale 5 è accoppiata ad una prima estremità dell'amplificatore EDFA tramite un accoppiatore 6, e una sor-



gente di pompaggio contro-direzionale 7 è accoppiata ad una seconda estremità dell'amplificatore EDFA tramite un accoppiatore 8. Ciascuna sorgente di pompaggio emette un valore di potenza nel campo da approssimativamente 50 mW ad approssimativamente 250 mW. L'amplificatore EDFA è pompato con segnali di luce verde prodotti nel suo interno. Questo viene ottenuto pompando l'amplificatore EDFA con sorgenti di pompaggio 5, 7 che producono segnali di pompaggio, la maggioranza dei quali hanno una lunghezza d'onda nel campo di 960 nm. I segnali di pompaggio generati dalla sorgenti di pompaggio 5,7 accoppiati nell'amplificatore EDFA 1 sono assorbiti dagli ioni di erbio nelle fibre EDF generando assorbimenti GSA, ESA e la produzione di segnali di luce verde. Per queste fibre EDF, la presenza dell'assorbimento ESA è privilegiata rispetto alla presenza dell'assorbimento GSA in queste lunghezze d'onda di segnali di pompaggio, e la produzione dei segnali di luce verde è pertanto migliorata. I segnali di luce verde interagiscono con gli ioni di erbio nelle fibre EDF, provocando la produzione di fotoni aventi lunghezze d'onda di approssimativamente 800 nm, 1480 nm e 1530 nm. I fotoni di 800 nm e 1480 nm sono assorbiti dall'amplificatore EDFA e generano la popolazione dello stato metastabile (vale a dire si comportano come segnali di pompaggio), e la successiva amplificazione dei segnali di trasferimento di traffico aventi lunghezze d'onda di circa 1550 nm. I fotoni di 1530 nm amplificano i segnali di trasferimento di traffico in un modo diretto. Pertanto i segnali di luce verde, quando sono assorbiti nell'amplificatore EDFA, forniscono un'amplificazione dei segnali di trasferimento di traffico.

Un riflettore di segnali di pompaggio 9 è disposto all'esterno dell'amplificatore EDFA 1 nella sua prima estremità, e un riflettore di segnali di pompaggio 10 è disposto all'esterno dell'EDFA nella sua seconda estremità. Ciascuna riflettore di

segnali di pompaggio comprende un reticolo e riflette i segnali di pompaggio aventi lunghezze d'onda nel campo di 960 nm. Almeno alcuni dei segnali di pompaggio generati da ciascuna delle sorgenti di pompaggio 5, 7 che sfuggono dall'amplificatore EDFA 1, verranno riflessi all'indietro nell'EDFA, e questo aumenta l'amplificazione ottenuta dall'amplificatore EDFA.

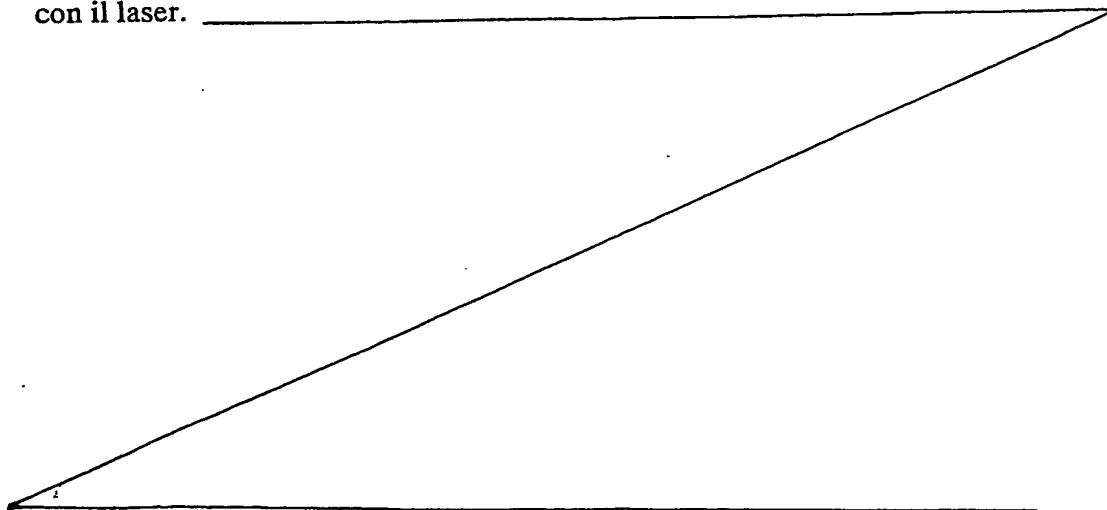
Un riflettore di segnali di luce verde 11 è disposto all'esterno dell'EDFA 1 nella sua prima estremità, e un riflettore di segnali di luce verde 12 è disposto all'esterno dell'EDFA nella sua seconda estremità. Ciascun riflettore di segnali di luce verde comprende un reticolo, e riflette i segnali aventi lunghezze d'onda nel campo da approssimativamente 520 nm ad approssimativamente 560 nm. Almeno alcuni dei segnali di luce verde prodotti entro le fibre 2, 3 che sfuggono da esse, verranno riflessi all'indietro nell'amplificatore EDFA, e questo aumenta l'amplificazione dell'amplificatore EDFA. Lo stadio intermedio 4 può anche comprendere uno o più riflettori di segnali di pompaggio e/o uno o più riflettori di segnali di luce verde.

I riflettori di segnali di luce verde 11, 12 eviteranno anche sostanzialmente che i segnali di luce verde siano trasmessi dall'amplificatore EDFA 1. Questo ha un vantaggio maggiore quando l'EDFA è preceduto e/o seguito in una rete da un elemento che verrebbe danneggiato se esso dovesse ricevere segnali di luce verde.

La Figura 2 illustra un laser 20 che produce segnali di luce verde. Questo comprende una fibra EDF 21 nella forma di una bobina di fibra. Il laser viene pompato con una sorgente di pompaggio 22 accoppiata al laser tramite un accoppiatore 23. La sorgente di pompaggio emette un valore di potenza nel campo da approssimativamente 50 mW ad approssimativamente 250 mW. La sorgente di pom-

paggio genera segnali di pompaggio, la maggioranza dei quali ha una lunghezza d'onda nel campo di 960 nm. I segnali di pompaggio sono accoppiati nel laser 20, e sono assorbiti dagli ioni di erbio della fibra EDF 21, fornendo gli assorbimenti GSA, ESA e la produzione di segnali di luce verde, che sono emessi dal laser. La presenza dell'assorbimento ESA è privilegiata rispetto alla presenza dell'assorbimento GSA in questa fibra EDF 21 a queste lunghezze d'onda di segnali di pompaggio, e la produzione dei segnali di luce verde viene pertanto aumentata. La lunghezza della fibra EDF 21 è di approssimativamente 10 cm. Mantenendo la lunghezza della fibra EDF ad un valore minimo, l'assorbimento dei segnali di luce verde entro il laser viene ridotta. La dimensione del laser è anche ridotta, e può essere dell'ordine di 50 mm x 50 mm x 20 mm.

Un riflettore di segnali di pompaggio 24 è disposto all'esterno del laser in una sua seconda estremità. Il riflettore di segnali di pompaggio comprende un reticolo, e riflette i segnali di pompaggio aventi lunghezze d'onda nel campo di 960 nm. Almeno alcuni dei segnali di pompaggio sfuggiranno dal laser, verranno riflessi all'indietro in esso, e questo aumenta la potenza di segnale di luce verde ottenuto con il laser.





## RIVENDICAZIONI

1. Un metodo per produrre segnali di luce verde, comprendente:  
l'accoppiare segnali di pompaggio generati da almeno una sorgente di pompaggio in almeno una fibra drogata con erbio (EDF) che genera un assorbimento di stato fondamentale (GSA), e assorbimento di stato eccitato (ESA) in ioni di erbio della fibra EDF, che produce segnali di luce verde, in cui la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nella quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.
2. Un metodo per produrre segnali di luce verde secondo la rivendicazione 1, nel quale il 60% dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda alla quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore dalla probabilità di presenza di GSA nella fibra EDF.
3. Un metodo per produrre segnali di luce verde secondo la rivendicazione 1 o rivendicazione 2, nel quale la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm.
4. Un metodo per produrre segnali di luce verde secondo la rivendicazione 3, nel quale la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nel campo di 960 nm.
5. Un metodo per produrre segnali di luce verde secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, nel quale la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda inferiore alla lunghezza d'onda di intersezione di un punto di intersezione dei picchi della sezione di assorbimenti GSA e ESA della fibra EDF.

6. Un metodo per produrre segnali di luce verde secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, nel quale una sorgente di pompaggio è accoppiata ad una fibra EDF di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una prima direzione.
7. Un metodo per produrre segnali di luce verde secondo la rivendicazione 6, nel quale una sorgente di pompaggio è accoppiata ad una fibra EDF di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una seconda direzione, opposta alla prima direzione.
8. Un metodo per produrre segnali di luce verde secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente la riflessione di almeno alcuni segnali di pompaggio che sfuggono all'indietro nella fibra EDF a partire dalle o da ciascuna o da alcune delle fibre EDF.
9. Un metodo per produrre segnali di luce verde secondo la rivendicazione 8, in cui la riflessione dei segnali di pompaggio comprende il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una prima estremità delle o di ciascuna delle fibre EDF, e/o il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una seconda estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF.
10. Un dispositivo per produrre segnali di luce verde, comprendente:  
almeno una fibra drogata con erbio (EDF), accoppiata ad almeno una sorgente di pompaggio per ricevere segnali di pompaggio da essa, che genera l'assorbimento di stato fondamentale (GSA), e l'assorbimento di stato eccitato (ESA) in ioni di erbio della fibra EDF, che genera segnali di luce verde,  
la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nella quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

11. Un metodo di amplificazione di segnali di trasferimento di traffico in un amplificatore di fibre drogate con erbio (EDFA), comprendente:  
il pompaggio dell'amplificatore EDFA con segnali di luce verde prodotti con il metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-9.
12. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 11, in cui i segnali di luce verde sono prodotti sostanzialmente all'esterno dell'amplificatore EDFA, e sono accoppiati nell'amplificatore EDFA.
13. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 12, in cui i segnali di luce verde sono prodotti usando uno o più dispositivi secondo la rivendicazione 10, accoppiati all'amplificatore EDFA.
14. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 13, in cui un dispositivo è accoppiato ad una prima estremità dell'amplificatore EDFA, e/o un dispositivo è accoppiato ad una seconda estremità dell'amplificatore EDFA.
15. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 13, in cui l'amplificatore EDFA comprende una o più fibre EFF, e uno o più dispositivi sono accoppiati alle o a ciascuna o ad alcune delle fibre EDF.
16. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 15, in cui un dispositivo co-direzionale è accoppiato ad una fibra EDF, vale a dire i segnali di luce verde sono accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa nella stessa direzione dei segnali di trasferimento di traffico.
17. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 15 o 16, in cui un dispositivo contro-direzionale è accoppiato ad una fibra EDF, vale a dire i segnali di luce verde sono accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa nella direzione opposta a quella dei segnali di trasferimento di traffico.
18. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 16, in cui i segnali di

luce verde sono prodotti sostanzialmente entro l'amplificatore EDFA.

19. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 18, in cui i segnali di luce verde sono prodotti sostanzialmente entro l'amplificatore EDFA tramite il pompaggio nell'EDFA tramite una o più sorgenti di pompaggio accoppiate all'EDFA, nel quale la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda alla quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nell'amplificatore EDFA è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nell'amplificatore EDFA.

20. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 19, in cui il 60% dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda alla quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nell'amplificatore EDFA è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nell'amplificatore EDFA.

21. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 19 o rivendicazione 20, in cui la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm.

22. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 21, in cui la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nel campo di 960 nm.

23. Un metodo di amplificazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 19-22, in cui una sorgente di pompaggio è accoppiata ad una prima estremità dell'amplificatore EDFA, e/o una sorgente di pompaggio è accoppiata ad una seconda estremità dell'amplificatore EDFA.

24. Un metodo di amplificazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 19-23, in cui l'amplificatore EDFA comprende una o più fibre EDF, e una o più sorgenti di pompaggio é/sono accoppiata/e alle o a ciascuna o ad alcune delle fibre EDF.

25. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 24, in cui una sorgente di pompaggio co-direzionale è accoppiata ad una fibra EDF, vale a dire i segnali di pompaggio sono accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa nella stessa direzione dei segnali di trasferimento di traffico.

26. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 24 o la rivendicazione 25, in cui una sorgente di pompaggio contro-direzionale è accoppiata ad una fibra EDF, vale a dire i segnali di pompaggio sono accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa nella direzione opposta a quella dei segnali di trasferimento di traffico.

27. Un metodo di amplificazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 11-26, comprendente la riflessione all'indietro entro l'EDFA di almeno alcuni segnali di pompaggio che sfuggono dall'amplificatore EDFA.

28. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 27, in cui la riflessione di segnali di pompaggio comprende il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una prima estremità dell'amplificatore EDFA, e/o nel disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una seconda estremità dell'amplificatore EDFA.

29. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 27, in cui l'amplificatore EDFA comprende una o più fibra/e EDF, e la riflessione dei segnali di pompaggio comprende il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una prima estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF, e/o il disporre un riflettore di segnali di pompaggio in una seconda estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF.

30. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 28 o la rivendicazione 29, in cui il o ciascuno o alcuni dei riflettori di segnali di pompaggio riflettono



i segnali di pompaggio aventi una lunghezza d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm.

31. Un metodo di amplificazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 11-30, comprendente la riflessione di almeno alcuni segnali di luce verde che sfuggono dall'amplificatore EDFA all'indietro entro l'EDFA.

32. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 31, in cui la riflessione dei segnali di luce verde comprende il disporre un riflettore di segnali di luce verde in una prima estremità dell'amplificatore EDFA, e/o il disporre un riflettore di segnali di luce verde in una seconda estremità dell'amplificatore EDFA.

33. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 31, in cui l'amplificatore EDFA comprende una o più fibra/e EDF, e la riflessione dei segnali di luce verde comprende il disporre un riflettore di segnali di luce verde in una prima estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF, e/o il disporre un riflettore di segnali di luce verde in una seconda estremità delle o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF.

34. Un metodo di amplificazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 11-33, comprendente sostanzialmente l'evitare che i segnali di luce verde siano trasmessi dall'amplificatore EDFA.

35. Un metodo di amplificazione secondo la rivendicazione 34, nel quale l'evitare la trasmissione dei segnali di luce verde comprende il disporre un riflettore di segnali di luce verde in un'estremità di ingresso dello amplificatore EDFA, e/o il disporre un riflettore di segnali di luce verde in un'estremità di uscita dell'amplificatore EDFA.

36. Un amplificatore di fibre drogate con erbio (EDFA) per amplificare segnali di

trasferimento di traffico, che è pompato dai segnali di luce verde prodotti con il metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-9.

38. Un laser che produce segnali di luce verde, comprendente:

almeno una fibra drogata con erbio (EDF), accoppiata ad almeno una sorgente di pompaggio per ricevere i segnali di pompaggio da essa, che genera assorbimento di stato fondamentale (GSA), e assorbimento di stato eccitato (ESA) in ioni di erbio della fibra EDF, che genera segnali di luce verde,

la maggioranza dei quali segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nella quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

38. Un laser secondo la rivendicazione 37, in cui il 60% dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda alla quale la probabilità di presenza di assorbimento ESA nella fibra EDF è maggiore della probabilità di presenza di assorbimento GSA nella fibra EDF.

39. Un laser secondo la rivendicazione 37 o rivendicazione 38, in cui la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nel campo da approssimativamente 920 nm ad approssimativamente 980 nm.

40. Un laser secondo la rivendicazione 39, in cui la maggioranza dei segnali di pompaggio ha una lunghezza d'onda nel campo di 960 nm.

41. Un laser secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 37 - 40, in cui una sorgente di pompaggio è accoppiata ad una fibra EDF, di modo che i segnali di pompaggio siano accoppiati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una/nella prima direzione.

42. Un laser secondo la rivendicazione 41, in cui una sorgente di pompaggio è accoppiata ad una fibra EDF, di modo che i segnali di pompaggio siano accop-

piati nella fibra EDF per propagarsi in essa in una seconda direzione, opposta alla prima direzione.

43. Un laser secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 37 - 42, che è fornita con mezzi per riflettere all'indietro entro il laser almeno alcuni segnali di pompaggio che sfuggono dal laser.

44. Un laser secondo la rivendicazione 43, in cui un riflettore di segnali di pompaggio è disposto in una prima estremità del laser, e/o un riflettore di segnali di pompaggio è disposto in una seconda estremità del laser.

45. Un laser secondo la rivendicazione 43, che comprende una o più fibre EDF, e un riflettore di segnali di pompaggio è disposto in una prima estremità della o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF, e/o un riflettore di segnali di pompaggio è disposto in una seconda estremità della o di ciascuna o di alcune delle fibre EDF.

46. Un laser secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 37-45, in cui le dimensioni del laser sono nel campo di 50 mm x 50 mm x 20 mm.

47. Un metodo di pompaggio di un amplificatore EDFA con segnali di luce verde, comprendente l'accoppiare segnali di luce verde generati da un laser, secondo il quinto aspetto dell'invenzione, nell'amplificatore EDFA.



I mandatarî

A handwritten signature, likely of the mandatary, is written below the text "I mandatarî".

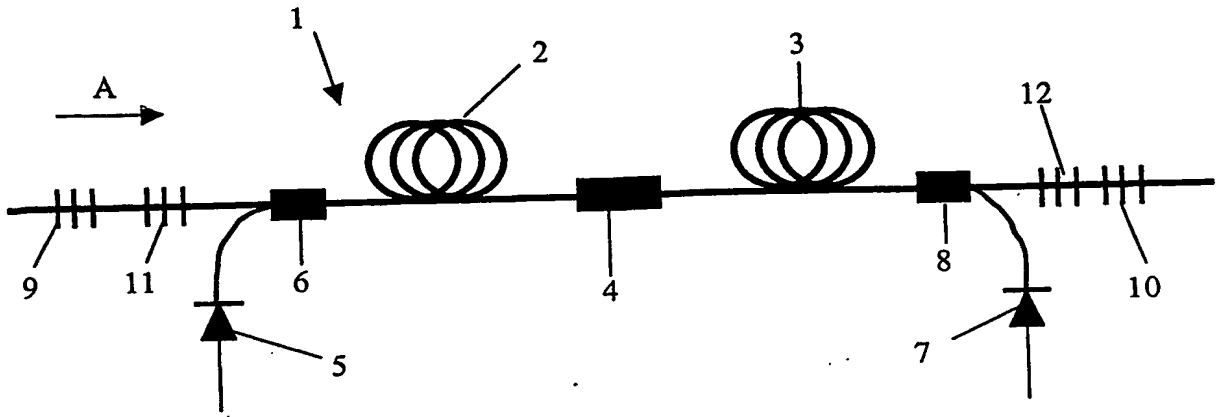


Fig. 1

MI 2002A 0 0 2 1 9 0

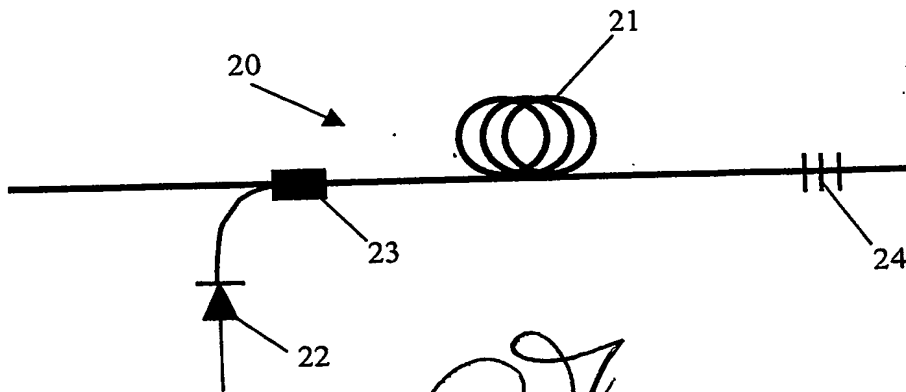


Fig. 2